

文章编号: 1001-1498(2006)06-0675-04

基于原野服务器的远程树木直径测定的研究^{*}

王雪峰¹, 冯银花²

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091; 2. 内蒙古兴安盟林业研究所, 内蒙古 乌兰浩特 137400)

摘要:以卫星遥感为主的资源环境监测, 由于受云层分辨率等限制, 一直以来其应用重点主要在“监”上, 本文介绍一种近年来刚刚兴起的能够进行远程监、控、测集网络与传感器于一身的结合体——原野服务器。首先对其定义、种类、外业设置及远程监控操作做了简单的介绍, 然后尝试利用原野服务器传回的图像, 通过立体视觉技术重建远隔地树木的胸径, 得到了较为满意的结果, 从而实现了不到现地便能够测量直径的目的。

关键词:原野服务器; 三维重建; 直径预估; 无线网络; 计算机视觉

中图分类号: S758.5

文献标识码: A

Study on Field Server-based Remote Tree Diameter Measurement

WANG Xue-feng¹, FENG Yin-hua²

(1. Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF, Beijing 100091, China;

2. Research Institute of Forestry of Xing an League, Inner Mongolia, Wulanhaote 137400, Inner Mongolia, China)

Abstract: Limited by cloudy resolution, forest resource monitoring based on remote sensing was emphasized on monitoring. The paper introduced the definition and sort and field arrangement and remote monitoring of field sensor (a new combination of remote monitor and control and network and sensor). then tried to make use of transfer image to reconstruct tree diameter at breast height through stereo vision, the result was fairly well to realize measure diameter without field survey.

Key words: field server; 3D-Reconstruction; forest diameter measurement; wireless net; computer vision

森林是陆地生态系统的主体, 及时掌握森林资源环境状况, 建立一套有效可行的资源环境监测方法有重要的理论及现实意义。从传统的监测方法上看可以分为以遥感技术为主结合地面调查用多阶方式进行监测和强化生态观念以生态学理论为依据进行生态学上的区划与评价两大类监测方法^[1], 尤其是近 20 年来, 结合 GIS、GPS 的资源及病虫害等的监测方法受到普遍的重视^[2,3]。但是到目前为止, 能够满足应用目的的监测是以实际测量为基础的, 从远程角度对森林环境细部因子比如树木直径的“测”很难满足应用需要, 目前还仅仅处于“监”的程

度。在远程做到既能“监”又能“测”, 真正延伸人手、眼的力量是一个重要研究方向, 众多的研究者为达到此目标在努力的工作着。

无线网络与传感器技术的发展给人类远程监测提供了新的途径, 这一技术目前在精细农业^[4]、交通^[5]等领域越来越受到人们的关注。日本的研究者把这两种新技术有机结合起来制造出了原野服务器, 并成功地将其应用于从农田到餐桌全程跟踪监测^[6]。本文首先从技术角度对能够高密度抽取监测地多种数据的原野服务器作简单介绍, 然后尝试使用计算机视觉技术“测量”远程树木直径, 为原野服

收稿日期: 2005-12-12

基金项目: 2004 年国家公派留学资助项目

作者简介: 王雪峰 (1968—), 男, 内蒙通辽人, 博士, 副研究员, 主要从事计算机视觉与数学模型研究。

^{*} 本文的完成得到了日本京都大学波部齐讲师和松山隆司教授的大力帮助, 谨此之谢!

务器传回的远隔地数据分析进行一些方法上的探讨。

1 原野服务器简介

1.1 原野服务器的定义与分类

国际上对原野服务器的研究始于本世纪初,它是多种目的传感器、无线网络以及处理器的一个集合体,详细地说,是由各种功能的传感器、摄像机、超高辉度发光二极管、模拟信号处理与外部执行机构控制回路、模拟/数字信号变换中央处理器、无线局域网回路、以太网集线器、网络服务器等组合成的小型智能机械装置。各原野服务器之间由无线网络连接,经过网络实时传输与公开监测数据。通过控制连接到现场中原野服务器的摄像机可以实时远程观看,软件可以在远程按照一定的时间间隔自动记录监测现场的各种数据。

原野服务器形状、机能根据设置场所及目的的不同而有不同的种类,如在庭园中设置的庭园灯型,在顶部和底部设置太阳能电池板对应野外使用的邮箱型,放置于公园等的景观型及采用完全密闭型 PC 的土壤埋设型等。尽管原野服务器外形种类多种多样,但其核心部件——传感器到目前为止主要有空气温湿度、土壤温湿度及水分、日射、CO₂浓度、近红外、叶面水分等类型。原野服务器是现代传感器技术与网络技术的结晶,具有实时性、低成本、高效等特点。

1.2 原野服务器的现场配置

原野服务器的外业配置包含两个问题,一个是在现地的设置,一个是如何接入因特网。对于前者实际处理并不是特别困难,在需要监测的地域设置原野服务器就可以了,其配置密度因具体场所及所关心的问题而异,其基本的原则是在满足需要时进行最少的设置。对于后者根据因特网的覆盖程度而应该选择不同的形式,见图 1。

对于能够便利地使用因特网或者有移动电话网覆盖的区域采用图 1(a)的形式。如果暂时还不能与因特网连接,可以使用图 1(b)的形式。图 1(b)自己构成一个独立的系统,根据需要设置数据采集间隔,当存储介质存满数据后人为取一次数据。很明显,第一种情况不存在传输距离问题,只要是地球上任何能够接入因特网的地方均可得到监测地数据,当然传输速度受因特网限制;对于第二种情况,平藤雅之^[7]等人利用放置于两个山脊的涡型天线,

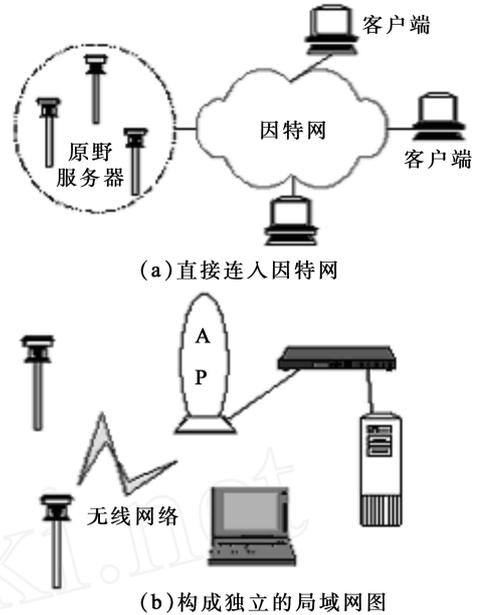


图 1 原野服务器的野外配置

在 200 km 范围内可进行数据传输,其传输速度与所采用标准相关,802.11b 标准传输速率为 11Mbps,802.16 标准最高可达 70Mbps 的数据传输率。

1.3 原野服务器的远程控制及数据采集

对于使用者远程操作并不困难,它是通过浏览器界面形式向监测地服务器发出指令并获取远程数据。

表 1 原野服务器操作表格

I/O Ports				
Port			Value	
PA0 In				22
PA1 In				25
PA2 In				67
PA3 In				0
PA5 In				27 Celsius
RB0 In	H		Low	L
RB1 In	H		Low	L
RB2 In	H		Low	L
RB3 In	H		Low	L
RB4 Out	H		High	L
RB5 Out	H		Low	L
RB6 Out	H		Low	L
RB7 Out	H		Low	L
				Rebad

通常的表由输入/输出端口、配置、状态三部分组成,表 1 给出了 1.2.0.0 版本 I/O 部分。操作者通过配置表格来设置远程原野服务器的 IP 地址、网

关及子网掩码等内容;状态表格仅为查看用。对于使用者最为关心的是 I/O 端口内容,而这部分与原野服务器中所含传感器相对应,生产厂家会给详细说明。本文所用原野服务器包含温度、湿度传感器及网络摄像机等,表中前面的数据分别是监测地空气温度、土壤温度、空气湿度、电池板的电压值及 CPU 温度,后面是控制按钮。需要说明的是,得到的温湿度等测定值均为电压值,需要将其转换成实际需要值。

2 直径恢复算法

原野服务器在不断的向接受方传回各种数据,比如远隔地空气温、湿度,土壤温、湿度,空气中 CO₂ 浓度等。我们现在关心的是如何从监测地的林木图像中恢复树木的直径。

立体视觉技术给我们提供了一个重建目标图像空间位置的思路,即通过摄像机方程估计空间点的方法。

对于一个 3 × 3 的上三角矩阵 K ,进行摄像机标定后,矩阵内元素即摄像机内参数就已经确定,如果保持两摄像机状态不变,则外参数也可在重建中使用,说就是在 3D 空间中使第二个摄像机坐标系与第一个摄像机坐标系重合所需要的 3 × 3 旋转矩阵 R 和 3 × 1 平移向量 t 可以在 3D 恢复中使用。

令两摄像机内参数为 K_1, K_2 ,其对应关系 R, t 则匹配的图像点 (h_1, h_2) 所对应的空间点坐标 $X^T = (x \ y \ z)$ 能够由下式表示^[8,9]。

$$\begin{pmatrix} h_1 K_1 \\ h_2 K_2 R \end{pmatrix} X = \begin{pmatrix} 0 \\ h_2 K_2 t \end{pmatrix} \quad (1)$$

当 $a = \begin{pmatrix} h_1 K_2 \\ h_2 K_2 R \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} 0 \\ h_2 K_2 t \end{pmatrix}$, 则 X 的最小二乘解 \hat{X} 为

$$\hat{X} = (a^T a)^{-1} a^T b \quad (2)$$

$$\text{其中, } K_i = \begin{pmatrix} a_{xi} & c_i & u_{0i} \\ 0 & a_{yi} & v_{0i} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, h_i = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -u_i \\ 0 & 1 & -v_i \end{pmatrix},$$

$a_{xi}, a_{yi}, c_i, u_{0i}, v_{0i}$ 分别代表焦距长度在纵横两个方向所包含的像素数、扭曲参数、像主点坐标,实际上,这是摄像机部分内参数, (u_i, v_i) 是图像点坐标, $i = 1, 2$ 。

大多情况下,在远离图像中心会有较大的畸变,描述非线性畸变可用下面公式^[10],

$$\begin{cases} \tilde{u} = u + (u - u_0) [k_1 (x^2 + y^2) + k_2 (x^2 + y^2)^2] \\ \tilde{v} = v + (v - v_0) [k_1 (x^2 + y^2) + k_2 (x^2 + y^2)^2] \end{cases} \quad (3)$$

式中, k_1, k_2 是镜头畸变参数, (\tilde{u}, \tilde{v}) 是实际图像坐标, (u, v) 是理想图像坐标, (x, y) 是正规化图像坐标,即

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \mathbf{K}^{-1} \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix}$$

至此我们能够看到,当对原野服务器中摄像机标定后,就可由这些摄像机获取的图像重构目标点。由于本次使用了两台摄像机,因此求空间点的步骤如下 ($i = 1, 2$):

定标相机,得到 $a_{xi}, a_{yi}, c_i, u_{0i}, v_{0i}, k_{1i}, k_{2i}, R, t$,

由实际图像坐标 (\tilde{u}, \tilde{v}) 利用 (3) 计算理想图像坐标 (u, v) ;

由 (2) 计算空间点坐标 \hat{X} 。需要注意的是,由于已经正规化,所以重建时 K_i 中 c_i 应该置 0; 对于 $a_{xi} = a_{yi}$ 的 CCD 摄像机,标定时二者可能并不相等,当利用正规化后图像坐标重建时,可以令 $a_{xi} = a_{yi} = \sqrt{a_{xi} a_{yi}}$ 或 $(a_{xi} + a_{yi}) / 2$, 本文的计算使用了前者。

3 实例与分析

试验地设在林科院内木化石附近的小树林内,办公室距离试验地 90 m 左右。即把原野服务器置于试验地,用图 1 (b) 的形式在办公室内采集现场数据。直观上,在 90 m 处获取数据与 90 km 没有本质差别,如同我们察看本地网页与其它国外网页没有差别一样。为增加已知信息,在样地内插了一根花杆。图 2 是本研究使用的两幅远程图像,大小为 640 像素 × 480 像素。

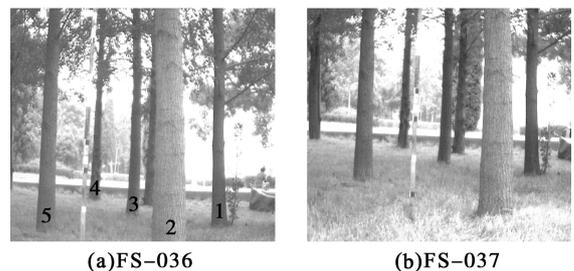


图 2 两张远程图像

按着前面的思路,欲重建远隔地树木直径,首先要进行定标,建立起摄像机模型。实际上,在外业设

置原野服务器之前已经定标了摄像机,表 2 是其定标参数。

表 2 摄像机参数

项目	参数名	摄像机	
		FS - 036	FS - 037
摄像机 内参数	a_x	1 074 640 000	1 068 410 000
	c	2 216 800	- 0 555 988
	a_y	1 055 300 000	1 051 120 000
	u_0	326 734 000	331 667 000
	v_0	247 700 000	244 949 000
	1	- 0 366 711	- 0 394 766
	2	0 410 993	0 790 465
	0 999 972	0 000 674	0 007 474
旋转矩阵	0 000 144	0 994 047	- 0 108 955
	- 0 007 503	0 108 953	0 994 019
平移向量	15. 902 900	9. 179 709	8. 044 792

在求匹配点过程中,首先对图像进行了去噪、Canny检测,然后通过交互式方式给出直径位后由机器按最大灰度相关法找出匹配点后即可进行 3D 重建。重建出空间点后,计算点间欧式距离得到诸直径值。表 3 列出了匹配的图像坐标、重建胸径值、实测值及误差。

表 3 树木胸径位图像坐标及重建结果树号直

树号	直径位	匹配的图像坐标				胸径值 /cm		误差 / %
		FS - 036		FS - 037		重建	实测	
		u	v	u'	v'			
1	左	489	252	529	148	18.3	18.8	2.7
	右	514	252	553	148	19.0	19.8	4.0
2	左	350	106	426	2	18.9	19.2	1.6
	右	415	108	491	5	20.0	20.4	2.0
3	左	290	296	325	190	18.1	17.3	4.6
	右	315	296	350	189			
4	左	202	279	231	172			
	右	218	279	247	172			
5	左	79	192	128	86			
	右	113	192	162	87			

从表 3 中可以看出,5号树远程胸径“测定”值是 18.1 cm,而实际胸径为 17.3 cm,误差 4.6%为最大,其它几株树的重建误差小于此值,得到了较为满意的结果。

从本例中我们能够看到,对于集约程度很高的林区、试验地、苗圃等,可以通过在现地设置原野服务器进行远程实时监测,利用智能分析手段获得多种需要数据,从而满足人们的不同需要。

4 讨论

原野服务器的发展到现在虽然仅有几年的时

间,但是已经取得很多实质性的进步。本文从原野服务器传回的图像对尝试恢复远隔地树木胸径获得了较为满意的结果。为增加其在现场监测方面的实用性,以下几方面将是需要进一步研究测试的。

从立体视觉角度,摄像机数量、设置方法影响重建精确,有必要探讨在满足林业需要情况下原野服务器内摄像机数量、设置方法及根据应用需要配置原野服务器在监测现场的实际配置方案、设置数量等。

探讨与遥感的结合策略。在宏观上遥感技术能给出战略性指导,在微观地域上原野服务器提供了更为强大的监控手段,探讨二者在远程监测方面的有效结合是一个非常有实际意义的研究课题,只有这样才能真正延伸人的眼、手能力。

加大数据智能分析力度。本文从立体视觉角度给出了重建远隔地树木胸径的一个实例。如前所述,原野服务器获取的数据量是巨大的,但如果仅有数据很多问题都得不到说明,因此,有必要增加对获取数据的自动分析能力,比如生物量变化量与空气中 CO_2 浓度的关系,植物颜色变化与周围环境变化的关系等,进一步增加原野服务器的智能化功能,为决策者提供更多的客观分析数据。

参考文献:

- [1] 龙晶. 森林资源与生态状况综合监测的技术思路 [J]. 林业资源管理, 2004 (3): 18 ~ 21
- [2] 黄国胜, 张煜星, 韩爱惠. 遥感与 GIS 集成及其在森林资源监测中的应用 [J]. 地理信息世界, 2005, 3 (8): 65 ~ 68, 72
- [3] 武红敢, 陈改英. 基于 3S 和网络技术的森林病虫害监测与管理 [J]. 世界林业研究, 2004, 17 (4): 32 ~ 36
- [4] 王秋萍, 李宏伟, 齐朝杰. 无线局域网技术在精细农业中的应用 [J]. 农机化研究, 2005 (5): 209 ~ 211
- [5] 何军, 刘代宏, 张雨. 远程监测与故障诊断系统研究 [J]. 交通世界, 2005 (2 - 3): 58 ~ 61
- [6] Fukatsu T., Hirafuji M. Field Monitoring Using Sensor-Nodes with a Web Server [J]. Journal of Robotics and Mechatronics, 2005, 17 (2): 164 ~ 172
- [7] 深津 隆, 平藤雅之. 圃場 モニタリングのためのフィールドサーバーの開発 [J]. 農業情報研究, 2003, 12 (1): 1 ~ 12
- [8] 王雪峰, 张超, 唐守正. 基于图像理解的树木直径抽取技术 [J]. 林业科学, 2005, 41 (2): 16 ~ 20
- [9] 松山隆司, 久野義徳, 井宮淳編. コンピュータビジョン [M]. 東京: 新技術 コミュニケーションズ, 1998: 123 ~ 133
- [10] Weng J., Cohen P., Hemmiou M. Calibration of Stereo Cameras Using a Non-Linear Distortion Model [C]. Proc. International Conference on Pattern Recognition, 1990, 246 ~ 253